

地下温泉水在酒店供暖中的应用

上海市政总院：刘慕云

2024年01月25日

目 录

一、政策背景

二、项目概况

三、室内外设计参数

四、空调冷、热负荷

五、地暖热负荷

六、空调冷、热源

七、空调或供暖形式

八、制冷机房及热交换站

九、节能措施

十、供暖节能量分析

十一、供暖节能效益

十二、结语

一、政策背景

1、符合国家节能减排和“双碳”目标：按照国家节能减排和环保政策的相关规定，以及2030年“碳达峰”和2060年“碳中和”的目标，近年来我国各地相继出台了很多利用可再生能源的政策，引导、鼓励在能源利用上尽量采用节能、环保可再生能源。

2、符合国家和地方节能设计规范和标准：根据各地的能源条件，在技术经济合理的情况下，空调的冷热源可以采用浅层地能、太阳能、风能等可再生能源。

3、空调供暖可再生能源利用：集中空调系统被认为是建筑能源消耗“大户”。在空调设计时首先要根据当地的能源结构，选择合适的空调冷热源。优先考虑天然冷热源，特别是太阳能、寒冷地区和严寒地区的天然冰、地下水等可再生能源的利用。河北省遵化地区地下温泉水，水温较高，不仅可作为室外温泉洗浴热水、生活热水、游泳池热水等，也是冬季供暖的理想热源。

二、项目概况

1、项目位置：酒店位于河北省遵化市汤泉乡汤泉村；

2、项目规模：建设规划用地面积约为30000m²，总建筑面积为10167m²；地上3层，地下1层，建筑高度21.9m；

3、项目功能：

(1) 酒店地下一层为设备用房、厨房、管理、办公等用房；

(2) 一层为酒店入口大堂、室内游泳池、室内温泉浴池及室内泡汤池、多功能厅、会议室、咖啡厅、全日餐厅等；

(3) 二层为SPA室、休息厅、精品展示厅、会员品茶展示区、大包间等；

(4) 三层为室内带温泉浴池的高档客房及总统套房、健身房等。

二、项目概况



图1 酒店实景

二、项目概况

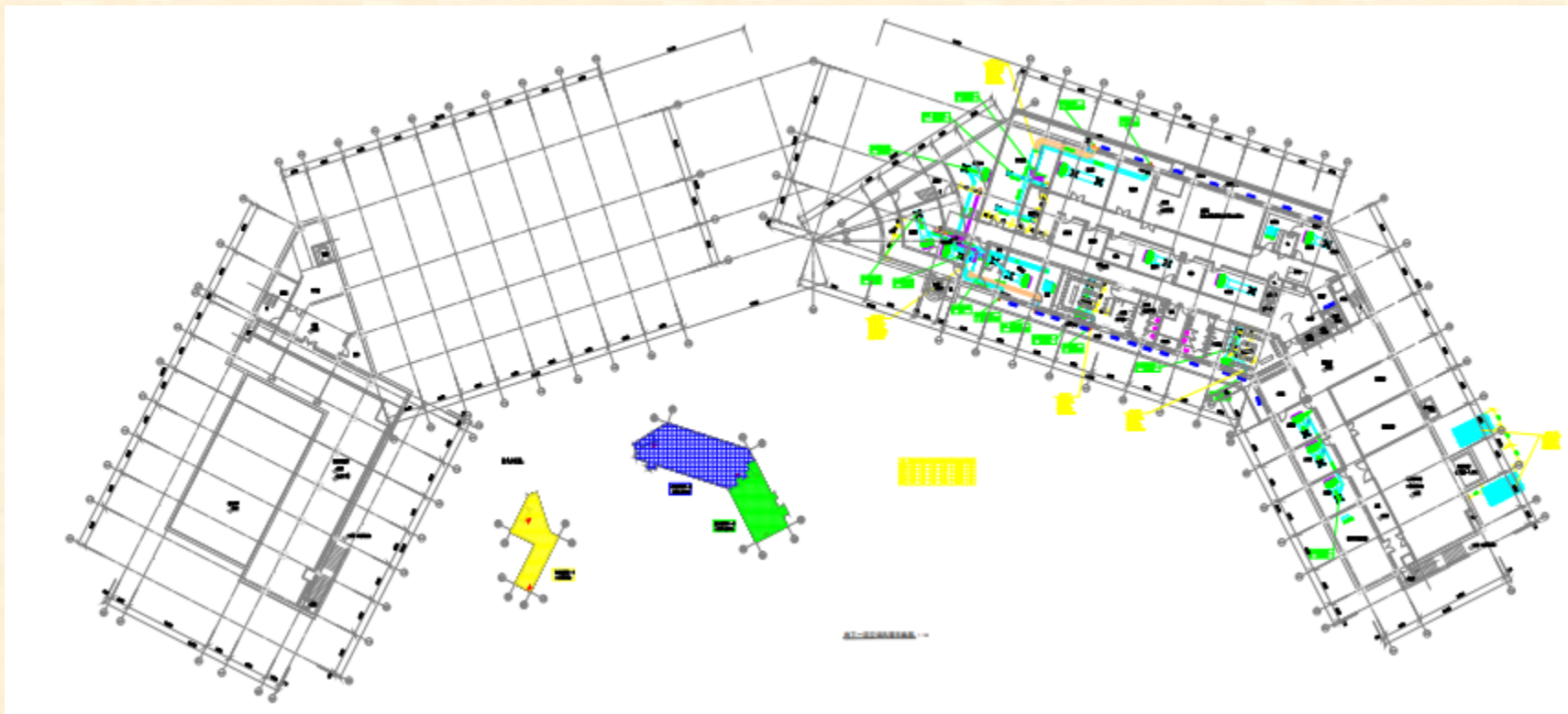


图2 地下一层平面图

二、项目概况

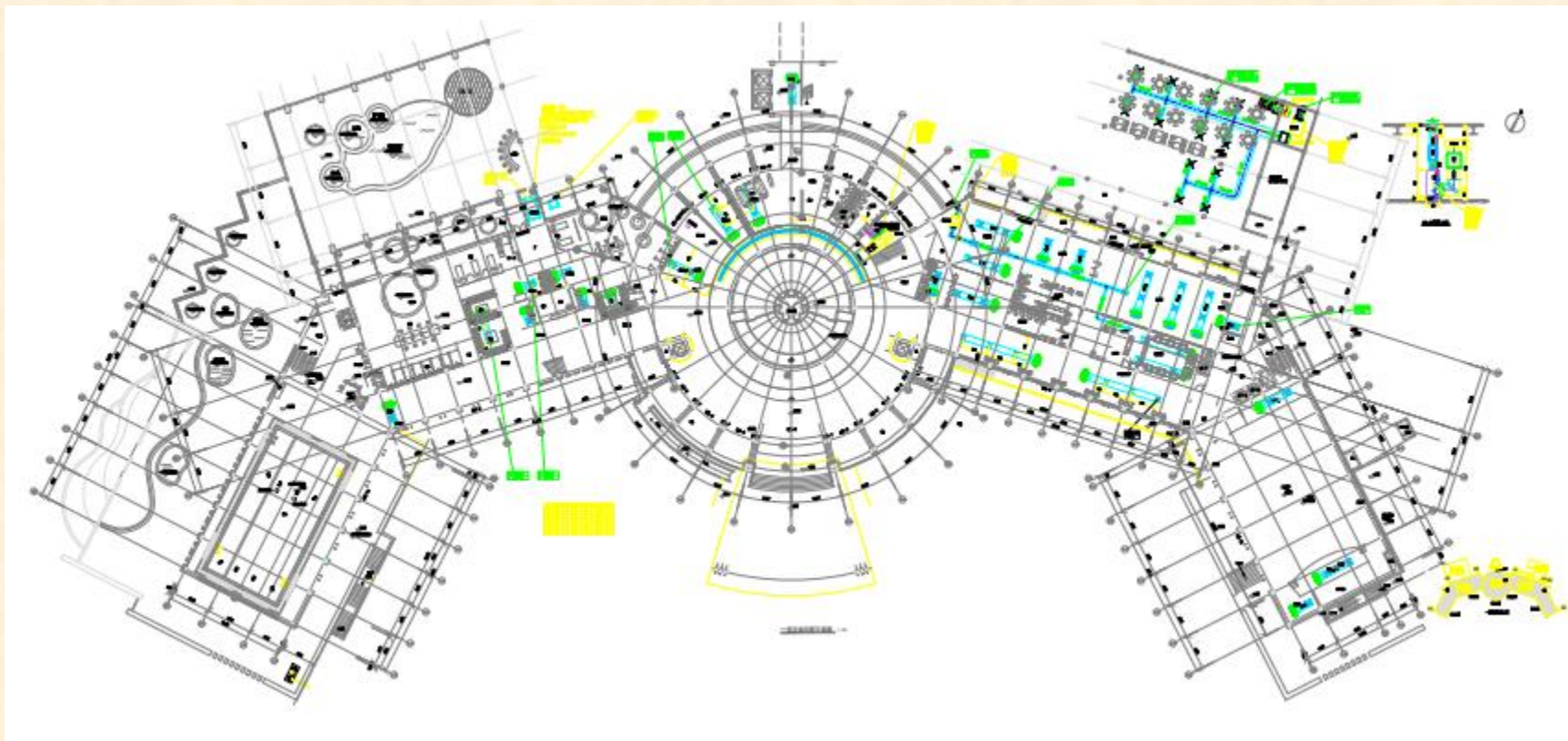


图3 一层平面图

二、项目概况

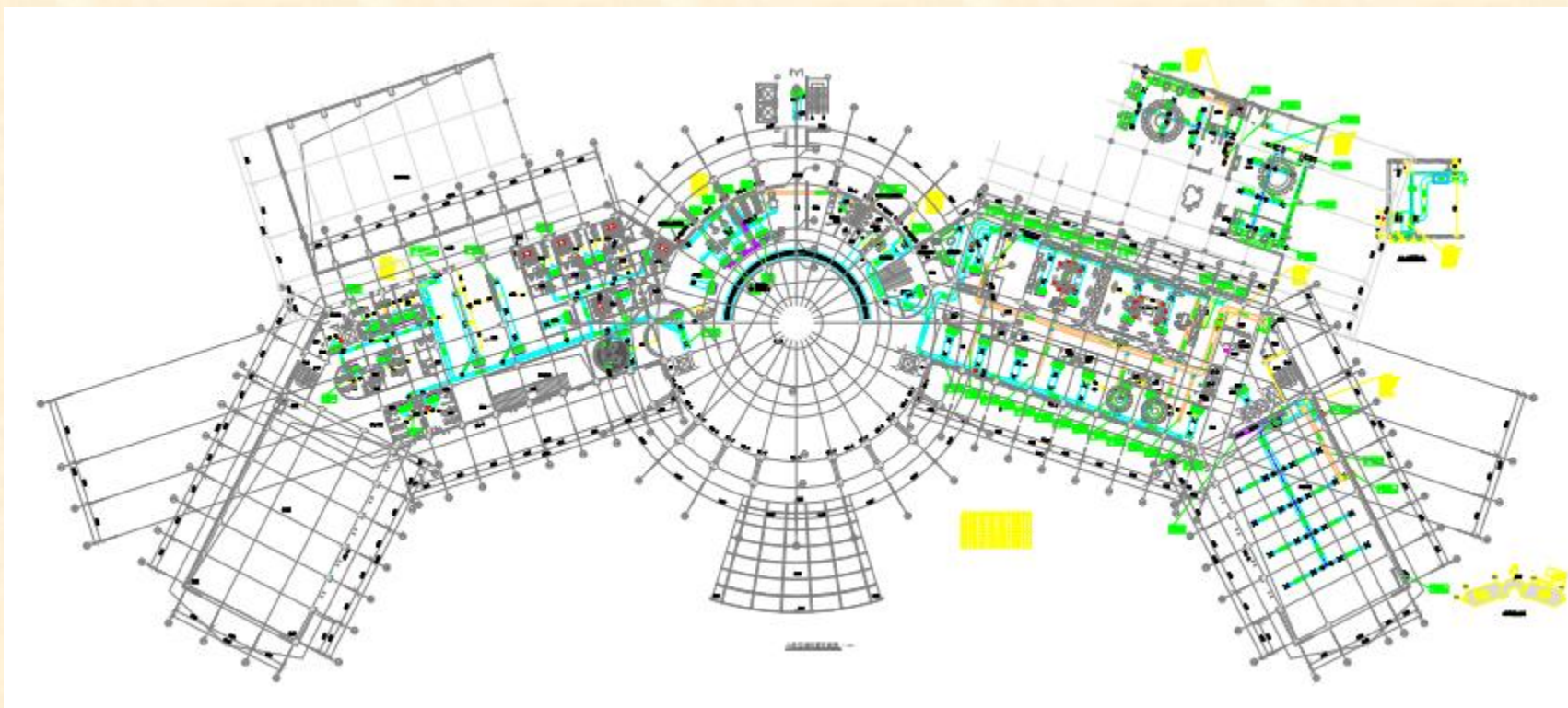


图4 二层平面图

二、项目概况

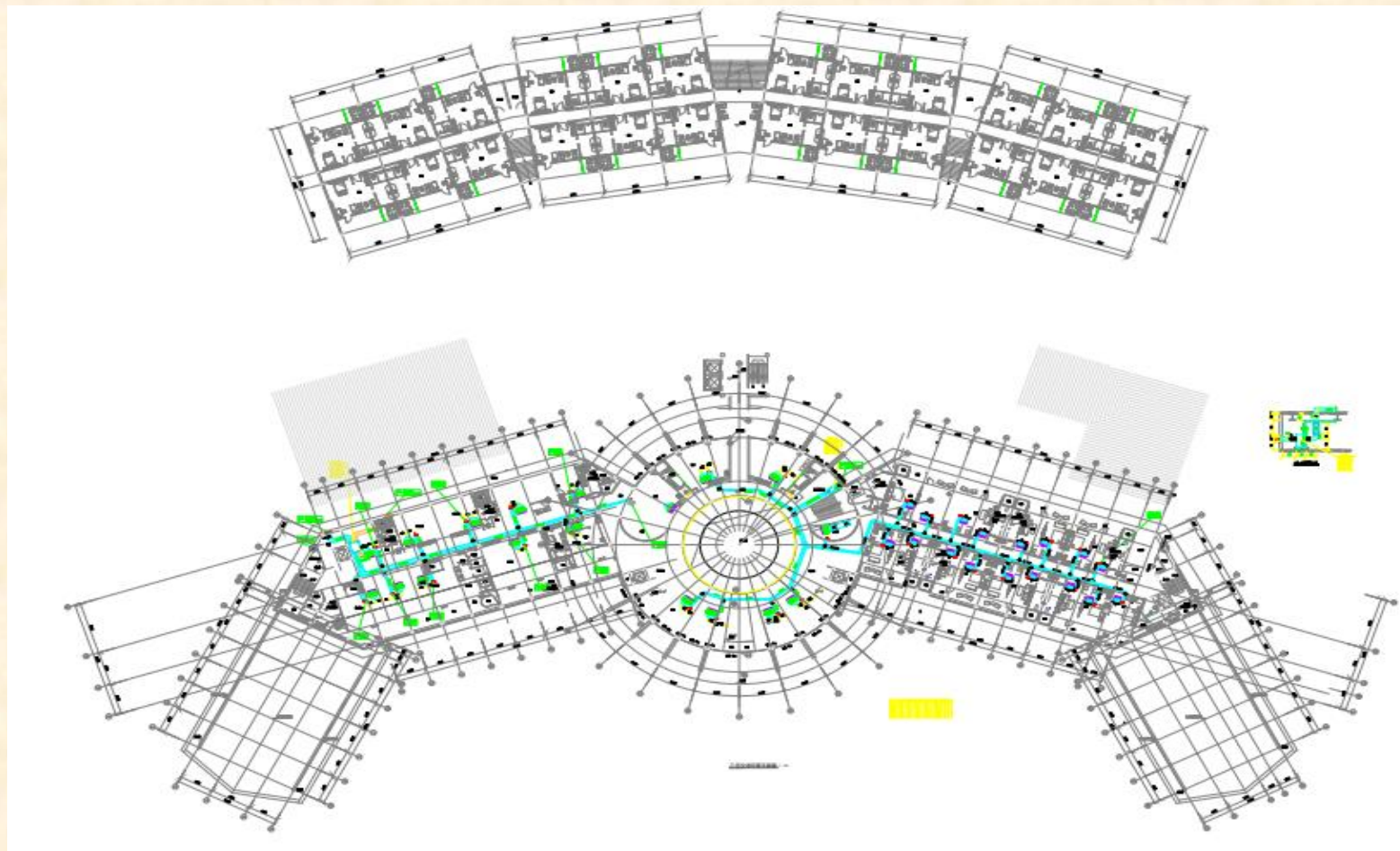


图5 三层平面图

三、室内外设计参数

1、室外气象参数

河北省遵化市，靠近天津市，参照附近城市蓟县室外气象参数，如下表：

表1 室外计算参数表

夏季	参数	冬季	参数
空气调节室外计算干球温度	32.7℃	空气调节室外计算温度	-12℃
空气调节室外计算湿球温度	27.1℃	空气调节室外计算相对湿度	48%
空气调节室外计算日平均温度	28.4℃	室外最多风向的平均风速	4.8m/s
室外平均风速	2.5m/s	室外平均风速	2.4m/s
室外大气压力	1003.50hPa	室外大气压力	1025.40hPa

三、室内外设计参数

2、室内设计参数

酒店室内设计参数见下表：

表2 室内设计参数表

房间名称	夏季设计温度 (°C)	夏季相对湿度 (%)	冬季设计温度 (°C)	冬季相对湿度 (%)	新风量 (m ³ /h)
客房	25	55	24	45	50
办公室	25	55	22	45	30
会议室	25	55	20	-	30
包房	25	55	22	-	30
按摩室	26	65	24	-	20
SPA室	26	65	24	-	20
总统套房	25	55	24	45	50
多功能厅	26	65	20	-	30
餐厅	26	65	18	-	30

四、空调冷、热负荷

1、空调冷负荷

酒店空调逐时逐项冷负荷见下表：

表3 酒店空调夏季冷负荷计算表

房间 空调 面积	夏季总冷负荷 最大时刻(含新 风/全热)	夏季室内冷负 荷最大时刻(全热)	夏季总冷负 荷(含新风/ 全热)	夏季室内 冷负荷(全 热)	夏季总湿 负荷(含新 风)	夏季 室内 湿负荷	夏季 新风 风量	夏季 新风 冷负荷	单位面 积冷负 荷指标
(m ²)	(h)	(h)	(kW)	(kW)	(kg/h)	(kg/h)	(m ³)	(kW)	(W/m ²)
7735	16:00	16:00	1284	650	731	157	56955	634	166

由表可见，酒店空调夏季总冷负荷最大时刻和夏季室内冷负荷最大时刻均出现在下午16:00，空调夏季总冷负荷为1284kW，夏季新风量为56955m³/h。

四、空调冷、热负荷

2、空调热负荷

酒店冬季空调热负荷见下表：

表4 酒店空调冬季供暖热负荷计算表

空调面积	冬季总热负荷 (含新风/全热)	冬季室内热 负荷(全热)	冬季总湿负 荷(含新风)	冬季室内 湿负荷	冬季 新风量	冬季新 风热负荷	单位面积热 负荷指标
(m ²)	(kW)	(kW)	(kg/h)	(kg/h)	(m ³)	(kW)	(W/m ²)
7735	1154	113	-506	72	56955	1041	149

由表可见，冬季空调供暖总热负荷为1154kW，冬季新风量为56955m³/h。

五、地暖热负荷

1、酒店入口大堂地暖热负荷

酒店入口大堂面积 676.19m^2 ，层高 9.8m ，经计算冬季空调供暖热负荷为 164kW 。

虽然采用分层空调，由于热空气上浮，冷空气下沉，存在“上热下冷”的情况。设计考虑在大堂上部设置了2台循环风机，冬季将大堂顶部的热空气，循环送至下部；夏季将上部热空气排至室外。

为了确保大堂冬季供暖温度，在大堂地面辅助敷设地暖，解决冬季空调供暖缺陷，达到改善大堂下部空间热环境，满足人员活动区域热舒适度的要求。

辅助地暖热负荷按照大堂总热负荷40%考虑，为 65.6kW 。

五、地暖热负荷

2、游泳池周围地面地暖热负荷

酒店室内游泳池四周地面设置地暖，地暖面积约为200m²，按照120W/m²估算，其地暖热负荷约为24kW。

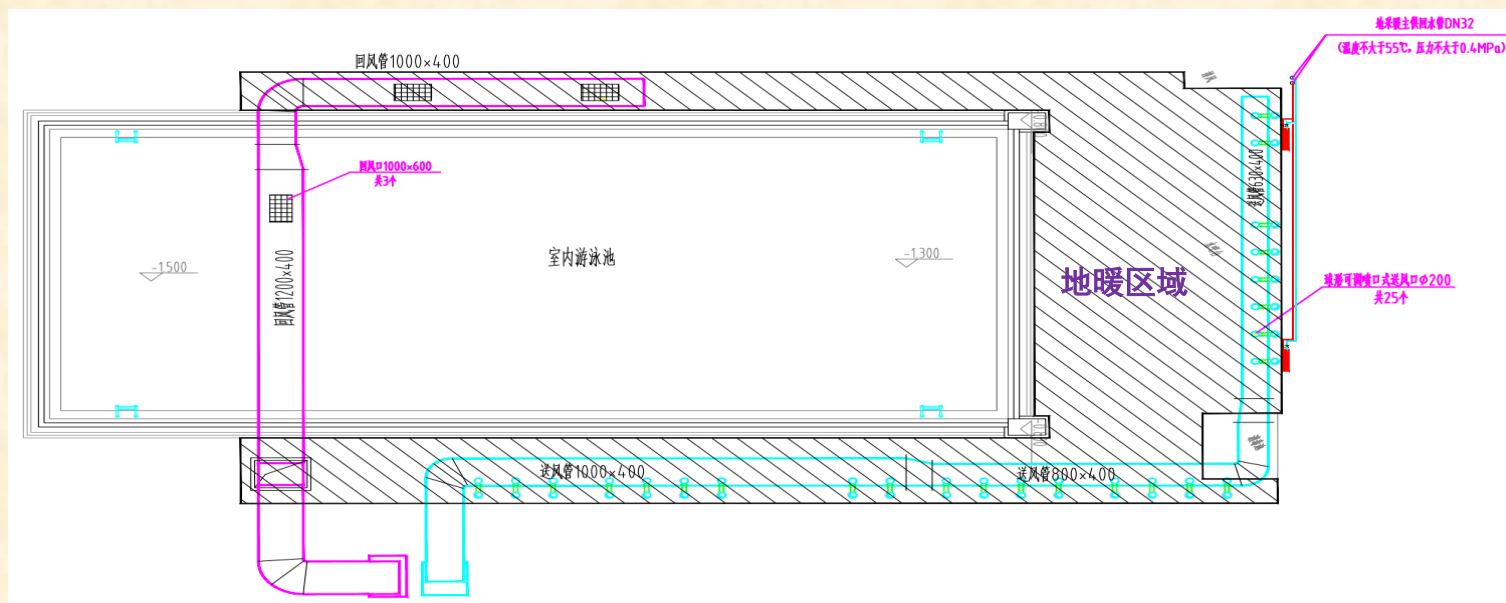


图6 游泳池热泵除湿、地暖平面图

五、地暖热负荷

3、游泳池池水辅助加热热负荷

酒店室内游泳池采用恒温除湿节能型泳池水暖一体化系统进行除湿、泳池空气加热、泳池水加热。游泳池区总面积为 440m^2 ，设计温度按 28°C 计算，除湿量为 38.56kg/h ；按 $300\text{W}/\text{m}^2$ 热负荷计算，需要热量为 132kW 。选择一台 40kg/h 除湿热回收热泵机组，满足全年除湿要求和夏季游泳池区域制冷要求。回收热量用于加热泳池内空气和池水。最大可为泳池内空气提供 66kW 的热量，尚需为泳池内加热空气补充 66kW 热量。

选用一台 100kW 热水型风管辅助加热器进行补充加热。

五、地暖热负荷

4、游泳池除湿热泵系统

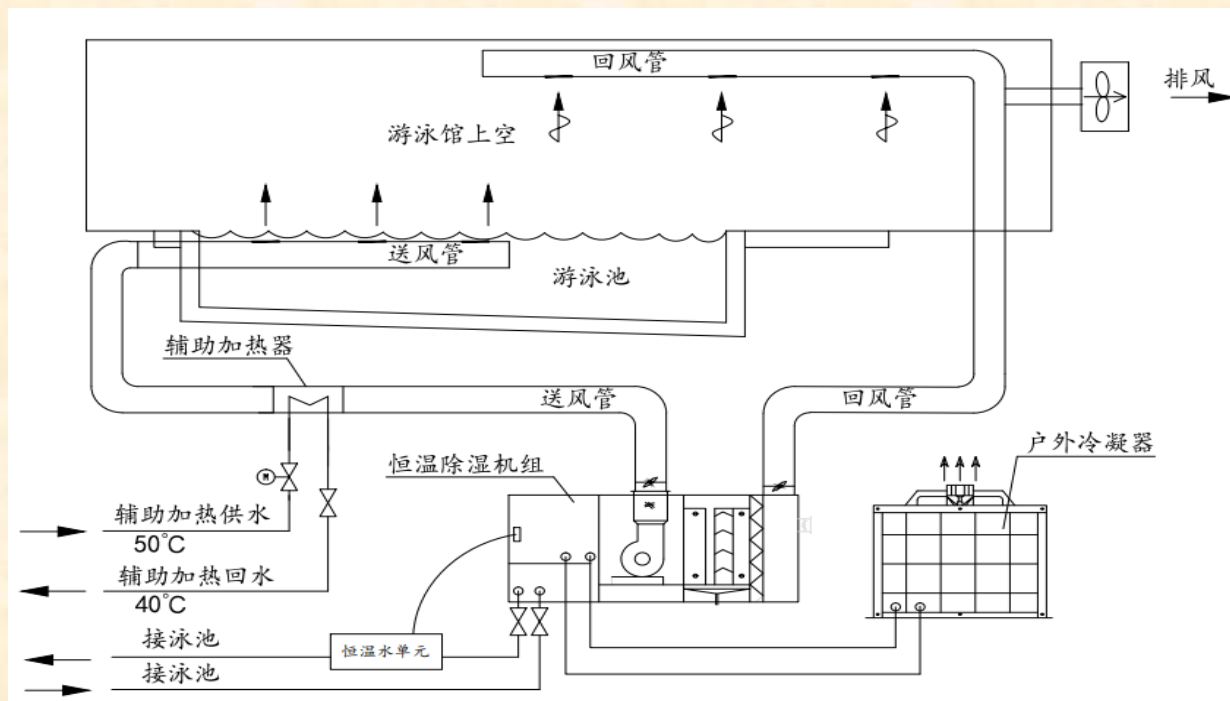


图7 游泳池除湿热泵系统流程图

六、空调冷、热源

1、空调冷源

根据逐时逐项空调冷负荷表3计算结果，酒店夏季空调总冷负荷为1284kW，空调冷负荷指标为166W/m²。

选用两台635kW的风冷螺杆式（热泵）冷温水机组，总制冷量为1270kW。冷冻水供、回水温度7/12℃，供给整个酒店夏季空调制冷。室外机放在负一层室外露天布置，冷冻水循环泵设置在地下一层制冷机房及热交换站内。

六、空调冷、热源

2、空调热源

根据表4计算结果，酒店冬季空调供暖热负荷为1154kW，单位面积空调热负荷指标为149W/m²。

经过方案比较，为了兼顾酒店夏季空调制冷要求，采用两台635kW的风冷螺杆式热泵机组，夏季制冷；由于遵化市属于寒冷地区，空气源热泵机组冬季寒冷和潮湿运行时，机组性能系数COP较低，且融霜时间较长，降低了机组的有效制热量，不节能。因此，采用地下温泉水作为冬季空调供暖的热源。即将65℃以上的地下温泉水作为一次热源，一次回水温度50℃。经过板式换热器换热后，提供55/40℃的二次热水，作为酒店冬季空调供暖热源。

选择两台板式换热器，每台换热量865kW，设置在地下一层热交换站内。

六、空调冷、热源

3、地暖热源及游泳池水辅助加热热源

根据地暖热负荷和游泳池水辅助加热负荷估算分别为24kW和66kW，将65°C地下温泉水作为地暖一次供水，一次水回水温度为50°C。经过板式换热器后，产生50/40°C的二次热水，作为地暖和游泳池辅助加热热源。板式换热器和热水循环泵设置在地下一层热交换站内。

七、空调或供暖形式

1、全空气系统

酒店地下一层员工餐厅、一层大堂、一层全日餐厅、二层多功能厅、二层大包间空调均采用全空气系统。为节约能源，空调机组选用热回收式空气处理机组，夏季供冷，冬季供暖，过渡季节采用全新风运行。大堂送风口采用双层百叶风口，其余送风口均采用散流器，上送上回。空调机组见下表：

表5 热回收式空气处理机组表

设备编号	服务区域	额定风量 (m ³ /h)	机外余压 (Pa)	功率 (kW)	供冷量 (kW)	供热量 (kW)	台数 (台)
AHU-BF-1	地下一层员工餐厅	1000	180	0.2	15.6	18	1
AHU-1-1	一层大堂	12000	335	4	98.7	164	1
AHU-1-2	一层全日餐厅	15000	410	5.5	100	179	1
AHU-2-1	二层多功能厅	8000	300	3.5	62	66	1
AHU-2-2	二层大包间	2000	210	1.0	30.5	31.2	1

七、空调或供暖形式

1、全空气系统

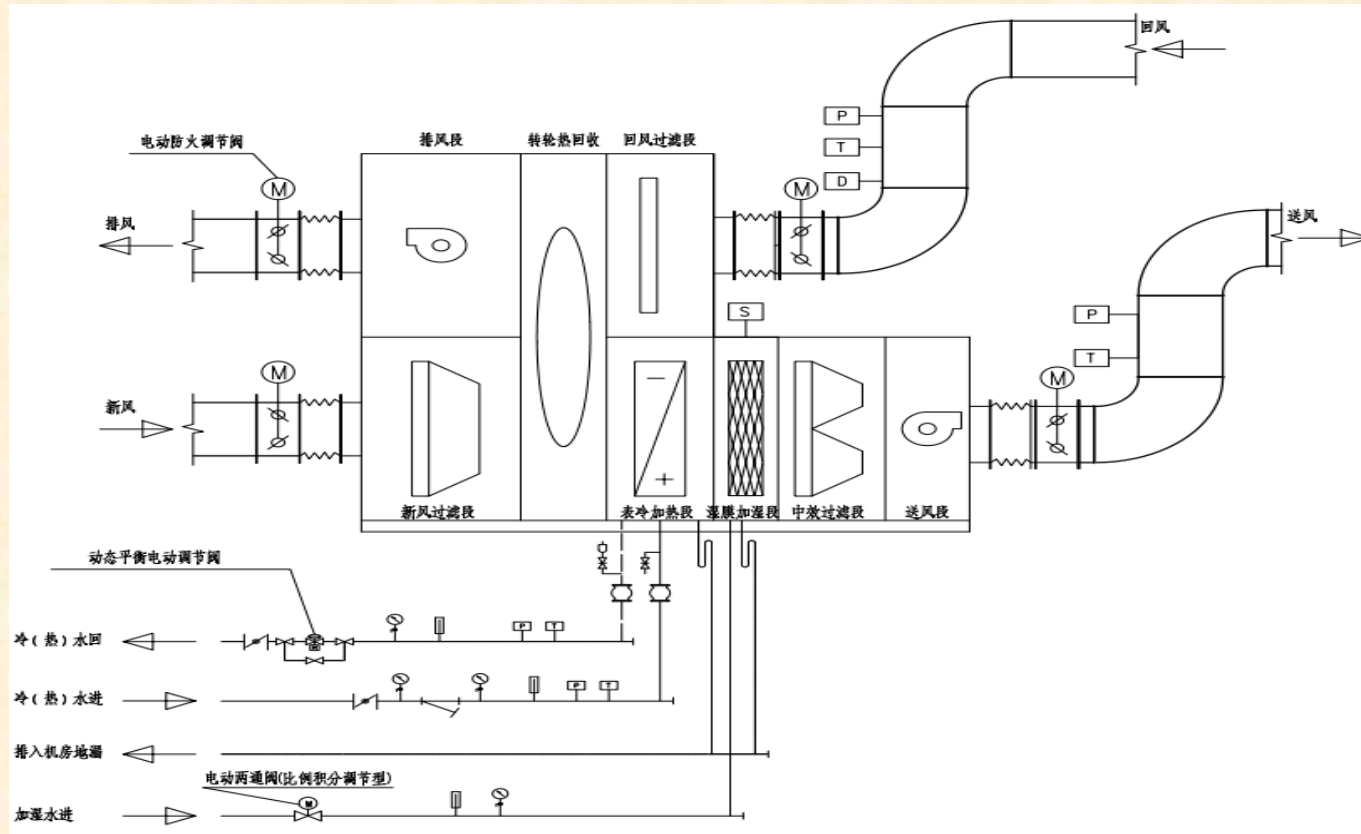


图8 热回收式空气处理机组控制原理图

七、空调或供暖形式

2、风机盘管加新风处理系统

酒店办公、客房等空调采用风机盘管加独立新风系统。风机盘管承担房间内大部分冷（热）负荷，新风满足人员最小新风量要求和部分新风冷（热）负荷；为节约能源，新风机组采用热回收式新风换气机组，对全部排风和新风进行全热交换，热回收效率不低于60%。过渡季节仅开启新风机组运行。新风机组和风机盘管详见下表：

表6 热回收式新风换气机组表

设备编号	服务区域	额定风量 (m ³ /h)	机外余压 (Pa)	功率 (kW)	制冷焓回收率 (%)	制热焓回收率 (%)	台数 (台)
PAU-B-1	地下一层厨房	12000	400	5.5	60	68	1
PAU-B-2	地下一层办公、休息厅	800	110	0.36	65	71	1
PAU-1-1	一层茶座、会议室	2000	261	0.55	62	66	1
PAU-2-1	二层包房	8000	324	3.0	61	68	1
PAU-2-2	二层按摩间	2000	261	0.55	62	66	1
PAU-2-3	二层乒乓球室	1000	45	0.36	65	71	1
PAU-3-1	三层客房	2000	261	0.55	62	66	1
PAU-3-2	三层总统套房	3000	210	1.1	61	65	1

七、空调或供暖形式

2、风机盘管加新风处理系统

表7 风机盘管额定性能表

设备编号	形式	风机			冷盘管(7°C进水)		热盘管(45°C进水)	噪声 (高档) dB(A)	数量 台	备注
		中档风量	电源	电机功率	全热(高档)	显热(高档)	热量(高档)			
		m ³ /h	V-∅-Hz	W	W	W	W			
FP-02	卧式暗装	278	220-1-50	42	2100	1500	3300	39.5	14	
FP-03	卧式暗装	403	220-1-50	55	2900	2000	4600	42	5	
FP-04	卧式暗装	543	220-1-50	70	3800	2500	6200	44	28	
FP-05	卧式暗装	666	220-1-50	85	4500	3100	7400	45	13	
FP-06	卧式暗装	773	220-1-50	106	5600	3800	9300	47	17	
FP-07	卧式暗装	954	220-1-50	140	6500	4500	10500	48	8	
FP-08	卧式暗装	1074	220-1-50	145	7500	5100	12300	48	9	
FP-10	卧式暗装	1302	220-1-50	170	9000	6000	14900	50	9	
FP-12	卧式暗装	1515	220-1-50	205	11000	7500	18300	52	2	
FP-14	卧式暗装	1772	220-1-50	252	13100	8800	21400	54	2	

注：风机盘管额定性能表(室内设计条件：DB26°C，WBF9.5°C (RH55%))： 热量需根据进水温度修正。

七、空调或供暖形式

3、大堂地暖系统

在酒店入口大堂地面设置地暖盘管供暖，以满足人体脚下热舒适度需要。地暖管材采用 $\Phi 20$ 的PE-RT管，满足相关规范要求。地暖加热供、回水温度为 $50/40^{\circ}\text{C}$ 。

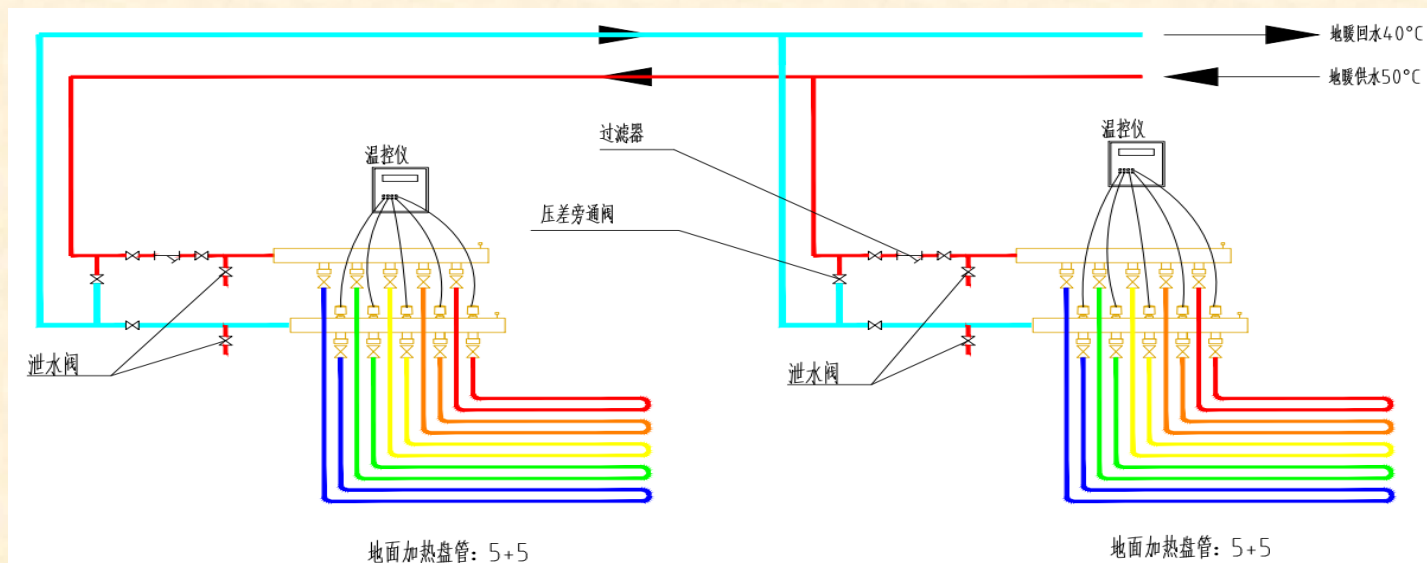


图9 大堂地暖水系统流程图

七、空调或供暖形式

4、游泳池周围地暖系统

在酒店游泳池周围地面设置地暖盘管供暖，以满足冬季游泳者脚下热舒适度需要。地暖管材采用 $\Phi 20$ 的PE-RT管，满足相关规范要求。地暖加热供、回水温度为 $50/40^{\circ}\text{C}$ 。

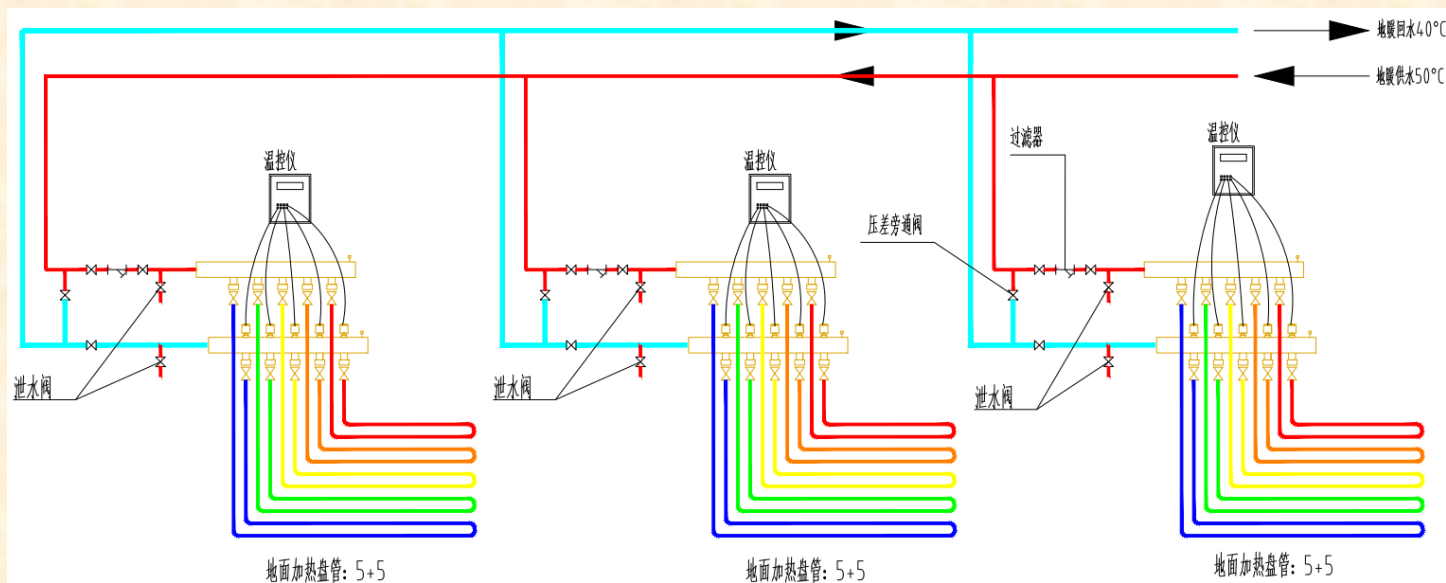


图10 游泳池周围地暖水系统流程图

七、空调或供暖形式

5、供暖水系统

酒店供暖热水从热交换站供出，经计量后送至各个末端用热设备。空调供暖和地暖供、回水主干管，以及每层水平干管采用同程式系统。在每层水平回水干管上安装平衡阀，层与层之间水平管道的阻力差不超过10%。空调供暖和地暖主干管道材料均采用无缝钢管，保温材料采用难燃橡塑。

供暖水系统采用常压式定压补气排气装置定压，定压装置设置在地下一层热交换站内。

八、制冷机房及热交换站

酒店制冷机房及热交换站设置在地下一层，内部设置冷冻水循环泵、地下温泉水处理装置及给水泵、板式换热器、二次热水循环泵、补水定压装置、水箱等。空调冷冻水泵和空调热水循环泵共用，夏季输送空调冷冻水，冬季输送空调热水。

夏季空调制冷采用设置在室外的2台风冷螺杆式（热泵）冷水机组，产生温度7/12℃的冷冻水，作为夏季空调的冷源，由冷冻水循环泵送至空调末端使用。

冬季供暖采用地下温泉水作为热源的一次水，经过沉淀、过滤、加药等处理后，由水-水板式换热器分别制成55/40℃和50/40℃的二次热水，由二次热水循环泵送至相应末端，供空调供暖、地暖、游泳池辅助加热等使用。详见图11热交换站系统流程图。

八、制冷机房及热交换站

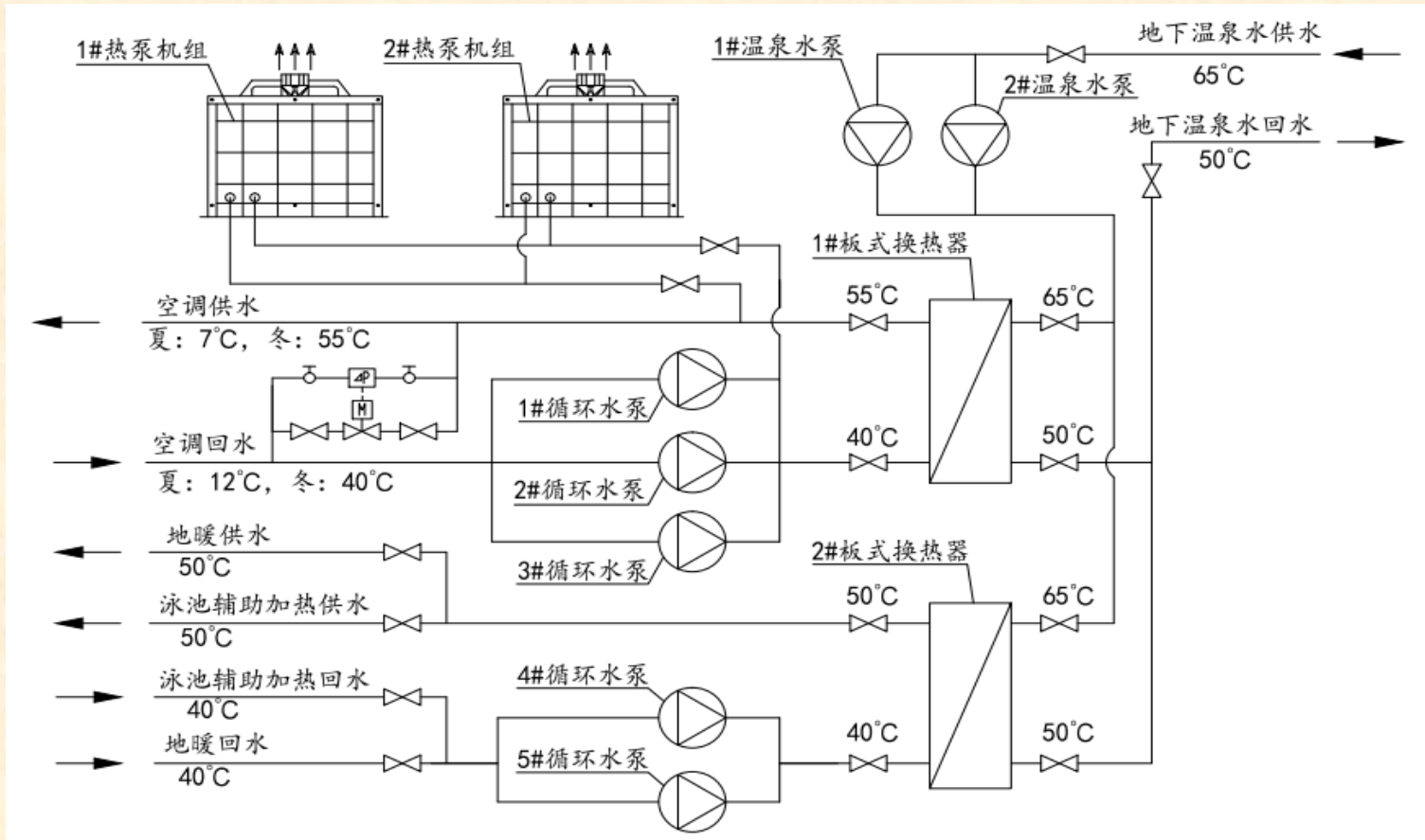


图11 热交换站系统流程简图

九、节能措施

★1、主机节能：空调冷源采用风冷热泵式冷水机组，符合寒冷地区空调要求，机组综合部分负荷性能系数 IPLV 达到 3.30，大于节能标准 3.20 的规定；

★2、供暖热源节能：空调供暖热源、地暖热源、游泳池水辅助加热热源，均就近利用地下温泉水天然热源，符合国家节能政策和规范要求；

★ 3、空调机组节能：全空气系统采用转轮式热回收式空气处理机组，新风和排风进行全热交换，最大全热效率达 85%，符合节能要求；

★ 4、新风机节能：新风处理机采用热回收式新风换气机，新风和排风全热交换，制冷焓回收率大于 65%，制热焓回收率不低于 71%；

★ 5、风机和水泵节能：

(1) 空调机组内风机采用变频控制，根据送风量和风压调节风机转速，达到节能目的；

(2) 一次水泵和二次水泵均采用变频控制，根据二次水出水温度调节一次泵转速控制水流量和压力，同时根据末端负荷变化，控制二次水泵转速调节水流量和压力；

★ 6、游泳池除湿节能：游泳池除湿冷凝水回收进入游泳池，节约能源；

九、节能措施

★7、酒店入口大厅上部空气处理：酒店入口大厅设置循环风机，冬季将上部热空气循环送入下部，夏季自动将上部热空气排出室外，达到节能效果；

★8、控制节能：

(1) 一次水和二次给水管设置流量计量装置；

(2) 水—水换热器出水设置温控阀，调节一次水流量；

(3) 空调机组加湿水管设置电动两通比例积分调节阀，冷热水出水管设置动态平衡电动调节阀，室内设置风量三速开关和温控装置；

(4) 排风和新风设联锁电动调节阀，送风设温度和压力传感器，回风设温度、压力、湿度传感器；

(5) 室内风机盘管水管设置电动两通阀和风量三速开关；

(6) 地暖设置温控仪和温控阀；

(7) 游泳池辅助加热水管设置温控阀；

(8) 恒温除湿装置出水设置温控阀。

十、供暖节能量分析

参照河北地区的供暖日期，为每年的11月15日至次年的3月15日，共计供暖天数为121天。

1、空调供暖节能量：

根据表4计算结果，冬季空调供暖热负荷为1154kW，宾馆每天平均供暖时间按20h计算，则每个供暖期的节能为 2.793×10^6 kW。

2、酒店入口大堂辅助地暖节能量：

酒店入口大堂辅助地暖热负荷为65.6kW，每天24h运行，则每个供暖期的节能为 0.191×10^6 kW。

3、游泳池周围地面地暖供暖节能量：

游泳池周围地面地暖供暖热负荷为24kW，每天24h运行，则每个供暖期的节能为 0.070×10^6 kW。

4、游泳池水辅助加热节能量：

游泳池池水辅助加热负荷为66kW，每天按照18h运行，则每个供暖期的节能为 0.144×10^6 kW。

十一、供暖节能效益

1、经济效益：

每个供暖期，利用地下温泉水供暖总的节能量为：

$$\begin{aligned} Q_z &= 2.793 \times 10^6 \text{ kW} + 0.191 \times 10^6 \text{ kW} + 0.070 \times 10^6 \text{ kW} + 0.144 \times 10^6 \text{ kW} \\ &= 3.198 \times 10^6 \text{ kW} \end{aligned}$$

1t标准煤产热量按照 $29.27 \times 10^6 \text{ kJ}$ 计算， $1\text{kW} = 3600 \text{ kJ}$ ，则：每个供暖期可节约标煤量 T_b ：

$$T_b = 3.198 \times 10^6 \times 3600 \div 29.27 \times 10^6 = 393.331 \text{ (t)}$$

按照1t标准煤当地价格估算为1380元，每个供暖期可节约燃料费用为：

$$F_M = 393.331 \times 1380 = 54.280 \text{ (万元)}$$

2、环境效益：

按照1t标准煤估计 CO_2 排放量为2.70t，则：每个供暖期可减少排放 CO_2 排放量：

$$T_{\text{CO}_2} = 393.331 \times 2.70 = 1061.994 \text{ (t)}$$

十二、结语

地下温泉水不仅可用作室外温泉洗浴热水、游泳池热水和其他生活热水，还可以用作酒店冬季空调供暖、地暖、辅助加热等热源，是优质的天然热源。不仅具有一定的经济效益，还有很大的环境效益。随着国家节能减排和环保政策的支持，地下温泉水作为天然热源，越来越多使用在工业、民用等领域，具有广阔的使用前景。

THANKS !

邮箱: muyunliu@126.com